

"PREMIERES DETERMINATIONS DES PRODUITS D'ALTERATION DES ROCHES
ULTRABASIQUES A CHROMITE DE CAMPO-FORMOSO. MONTMORILLONITES,
CHLORITES ET TALCS CHROMIFERES"

L. AZEVEDO *
J. FRANCA **
A. MUSSI-SANTOS *
M. PINTA ***
G. SIEFFERMANN ***

Ce texte a été présenté au XXVI^e Congrès de Géologie Brési-
lien, Belem, Para, Brésil. 4-8 sept. 72.

* Institut de Géosciences, Département 01, U.F. de Bahia, Salvador Brésil.

** FERBASA.

*** Office de la Recherche Scientifique et Technique D.M.

16 MAI 1973
O. R. S. T. O. M.
Collection de Références
n° B6088 Pado

"PREMIERES DETERMINATIONS DES PRODUITS D'ALTERATION DES ROCHES
ULTRABASIQUES A CHROMITE DE CAMPO-FORMOSO. MONTMORILLONITES,
CHLORITES ET TALCS CHROMIFERES"

par : L. AZEVEDO ; J. FRANCA ; A. MUSSI-SANTOS ; M. PINTA
et G. SIEFFERMANN.

RESUME : L'étude concerne des altérations épaisses formées à partir de lentilles de roches ultrabasiques riches en chromite de la région de Campo-Formoso. Dans la zone de roche altérée, à structure généralement conservée, les teintes brunes roses et vertes dominant ; elles sont liées à la présence de silicates d'altération chromifères.

Le climat de cette région est tropical de moyenne altitude avec une hauteur de précipitations de 880 mm.

Quatorze échantillons de roche. entièrement altérée, mais à structure bien reconnaissable ont été étudiés par voie chimique (absorption atomique sur attaque HF ; HClO₄, puis K₂CO₃), par la diffraction des rayons X et par la microscopie électronique.

Les minéraux argileux mis en évidence sont :

1°) - Une chlorite chromifère de couleur rose, contenant près de 30 % de chrome (exprimé en Cr₂O₃) ; le minéral est caractérisé par les réflexions suivantes très intenses et aiguës :

14 - 7,12 - 4,74 - 3,56 et 2,25 Å

2°) - Une montmorillonite chromifère de couleur vert émeraude, contenant près de 12 % de chrome (exprimé en Cr₂O₃). En diagramme normal le minéral présente une réflexion aiguë à 16 Å et des réflexions plus faibles mais nettes à 4,45 ; 3,12 et 2,54 Å. Après glycérolage le diffractogramme présente les réflexions suivantes :

18,6 - 9,3 - 4,45 - 2,99 et 2,54 Å

3°) - Un talc chromifère contenant près de 11 % de chrome (exprimé en Cr₂O₃)
Le minéral est caractérisé par les réflexions suivantes :

hkl.....002 004 006 0010
d.....9,3Å 4,66Å 3,10Å 1,86Å

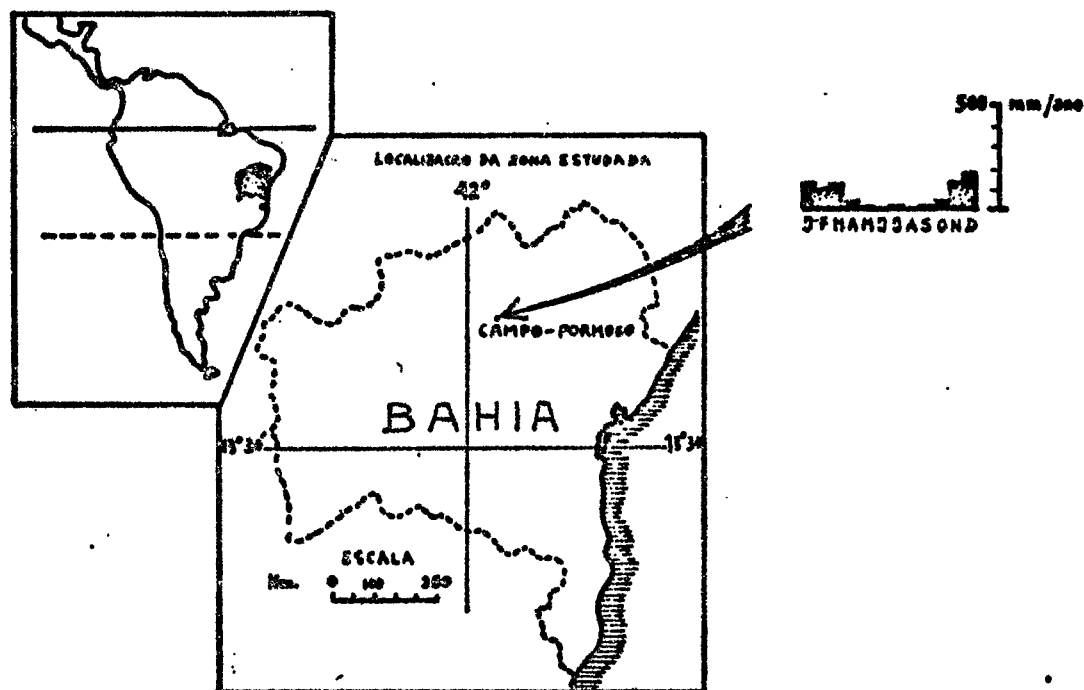
On observe en outre par endroits une "kaolinite" qui se caractérise par les réflexions suivantes :

Intensité.....	10	10	1	1	4	2	1
d.....	7,13 ^o Å	3,56 ^o Å	2,56 ^o Å	2,49 ^o Å	2,371 ^o Å	2,335 ^o Å	2,29 ^o Å

La leçon principale à tirer de cette étude est la genèse, dans la nature, de silicates d'altération à forte substitution de chrome dans le réseau cristallin.

INTRODUCTION

Dans le nord-ouest de l'état de Bahia près de Campo-Formoso (latitude sud $10^{\circ}30'$; longitude ouest $40^{\circ}20'$) des altérations épaisses d'une dizaine de mètres et plus, dérivées de roches ultrabasiques de type dunite, riches en chromite, se rencontrent en différents endroits.



Ces roches exploitées au point de vue minier par la FERBASA, ont été décrites au point de vue géologique par différents auteurs depuis plusieurs années déjà : OLIVEIRA, 1936 ; MELLO, 1937 ; PAIVA, 1942 ; SOUZA, 1942 ; JOHNSTON et SOUZA 1943 ; GUIMARAES, 1956 ; et POESCHE, 1965 - 1966.

L'altitude du gisement étudié se situe entre 600 et 700 m. Les roches dont dérivent les altérations examinées datent du précambrien : BRANNER, 1910 ; MORAES REGO, 1931 ; OLIVEIRA, 1936 ; BEURLIN, 1964 ; KEGEL 1963 ; GRIFFON, 1964, 65 et 1966 ; MASCARENHAS, 1969.

La pluviosité moyenne, fort variable selon les années est de 800 mm par an. La température moyenne annuelle est de 27°C (max. 38° , min. 16°C).

La végétation est celle décrite comme "Caatinga alta carrasco" ; il s'agit d'une forêt savane xérophile, à épineux.

I) - LES ALTERATIONS

A Campo-Formoso la zone de roche ultrabasique altérée est située

en contrebas d'un relief en forme de plateau, formant une barrière assez abrupte qui reçoit des précipitations supérieures à la moyenne régionale. L'aire minéralisée constitue la zone de réception des eaux qu'amènent plusieurs vallons qui drainent la partie plus haute. De ce fait la bande de roche ultrabasique altérée est toujours humide, il en suinte de l'eau toute l'année. Ceci explique l'épaisseur des altérations qui peut paraître anormale en zone climatique assez sèche, et qui ne peut en aucun cas être corrélié avec la pluviosité moyenne du lieu.

Dans la majeure partie du gisement les altérations météoriques dominent très largement sur les altérations hydrothermales.

Quatorze échantillons ont été étudiés.

DESCRIPTION DE LA COUPE

Les quatre à six mètres supérieurs de la carrière de teinte brun-rouge et de texture argilo-sableuse sont essentiellement constitués de matériaux colluvionnés des reliefs voisins. Les graviers roulés, blocs de quartzites concrétions et morceaux de cuirasses ferrugineuses y sont fréquentes. Progressivement vers six mètres de profondeur la texture devient argileuse ; les teintes passent au brun vif, au rouge orange, au rouge violacé et au gris verdâtre. Le changement de couleur est rarement progressif, le plus souvent on passe brutalement d'une teinte à l'autre. D'une manière très générale les teintes brunes, rouges et orangées dominent dans la partie supérieure de la coupe ; les teintes bleutées, violacées et verdâtres en bas. Cette disposition souffre cependant de nombreuses exceptions et souvent des poches rouges orangé pénètrent profondément dans la masse verdâtre de roche entièrement altérée à structure conservée. Simultanément à l'apparition de la roche ultrabasique argilisée la porosité baisse, la cohérence et l'humidité augmentent et de l'eau suinte de la coupe.

Les teintes vertes, souvent très vives, vert émeraude, indiquent la généralisation des conditions réductrices.

II) - CARACTERISTIQUES ANALYTIQUES DES ECHANTILLONS D'ALTERATION

- GRANULOMETRIE : A l'analyse mécanique classique la texture se montre argileuse, avec moins de 25 % de sables et moins de 35 % de limons.
- REACTION : Le pH des échantillons étudiés se situe entre 6,5 et 7,7.

ETUDE DE LA FRACTION ARGILEUSE

Quatorze échantillons de roche entièrement altérée mais à structure bien reconnaissable ont été étudiés par voie spectrographique, par voie chimique (absorption atomique sur attaque HF, HClO_4 puis K_2CO_3) par diffraction de rayons X et par microscope électronique.

Dans les échantillons d'altération trois minéraux argileux principaux ont été mis en évidence : des chlorites, des montmorillonites et du talc.

A) LES ALTERATIONS A CHLORITES :

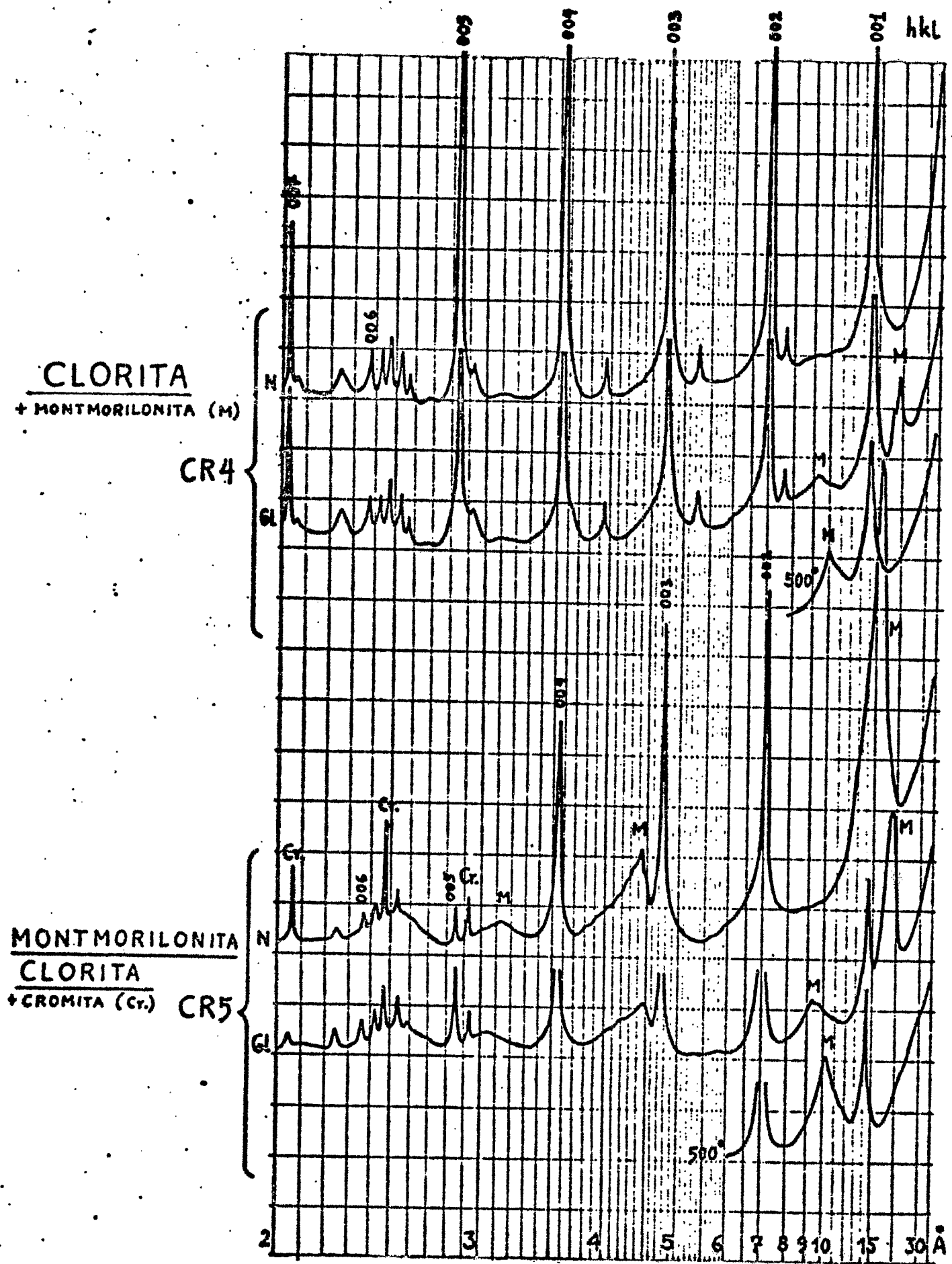
Dans les altérations à chlorites deux faciès principaux sont discernables : les altérations de couleur rose violacé et les altérations de couleur verte.

Dans les altérations de couleur rose la chlorite est généralement associée à une petite quantité de montmorillonite. (Fig. 1, CR 4). Les réflexions aux rayons X de la chlorite sont remarquables par leur intensité. La montmorillonite invisible en diagramme normal (N), se caractérise au glycérolage (réflexions à 18,8 et 9,3 Å) et au chauffage de 3 heures à 490 ° C. (réflexions à 10 Å). Le plus souvent, comme c'est le cas dans l'échantillon étudié, il n'y a que de petites quantités de chromite (réflexions faibles à 2,06, 2,48 et 2,92 Å).

Dans les échantillons à chlorites de couleur verte, celle-ci est généralement associée à une quantité bien plus importante de montmorillonite (Fig. 1, CR 5). Les raies hkl 004 (3,56 Å) et 005 (2,85 Å) de ces chlorites sont beaucoup moins intenses que pour les chlorites des échantillons de couleur rose. La montmorillonite se caractérise aisément au glycérol par les pics à 18,5 et 9,3 Å, et par le pic à 14 Å qui se rabat à 10 Å au chauffage à 500° C. Les raies 2,48, 2,92 et 2,06 Å montrent la présence d'une quantité importante de chromite. Cette association chlorite-montmorillonite-chromite est très fréquente.

A l'analyse les échantillons d'altération verts, à chlorites nous montrent des teneurs en chrome (exprimées en Cr_2O_3) de l'ordre de 30 %. Une grande partie de celui-ci (environ 10 %) se trouve dans le réseau de la chlorite et de la montmorillonite.

Ces chlorites chromifères semblent plus riches en chrome que celles décrites sous les noms de KAMMERERITE et KOTSCHUBEITE dans la littérature scientifique (LAPHAM, D.M. 1958).



CLORITA
+ MONTMORILONITA (M)

CR4

MONTMORILONITA
CLORITA
+ CROMITA (Cr.)

CR5

Fig 1.- Difratomogramas de raios -X
 N : amostra orientada
 500° : amostra aquecida
 GL : amostra orientada glicerolada

B) LES ALTERATIONS EN MONTMORILLONITE :

La couleur des altérations à montmorillonite, à structure conservée varie du brun et rouge-orangé au vert émeraude vif. Les diffractogrammes des échantillons analysés sont représentés sur la figure n° 2 ; Ils correspondent aux échantillons CR 6, CR 9M, CR 2 et CR 3 respectivement de teinte vert émeraude vif, brun, rouge-orangé et brun violacé.

L'examen de cette figure nous montre que :

1°) - L'échantillon CR 6, est constitué d'une montmorillonite pratiquement pure, associée seulement à une faible quantité de chlorite, il n'y a pas de chromite (moins de 3 %). A l'analyse chimique cet échantillon nous montre 12,4% de chrome (exprimé en Cr_2O_3), 0,8 % de nickel (exprimé en NiO) et 0,01 % de cobalt (exprimé en CoO).

Ce minéral semble structuralement voisin de la VOLKHONSKOITE (Mc CONNEL, D. 1954 ; KERSTEN C. 1839) mais beaucoup plus riche en chrome.

2°) - L'échantillon CR 9M, nous montre la montmorillonite associée à une quantité non négligeable de kaolinite désordonnée selon l'axe b (7,12 et 3,56 Å) et de goethite (4,18 ; 2,67 ; 2,495 et 2,435 Å). C'est la goethite qui est responsable de la couleur brune de l'échantillon.

3°) - L'échantillon CR₂ rouge-orangé, montre la montmorillonite associée à de la goethite et à de l'hématite (2,68 et 2,51 Å). La couleur étrange de l'échantillon, l'absence des réflexions 2,495 et 2,435 Å de la goethite et les raies inhabituelles à 4,03 et 4,32 Å, sont peut-être à attribuer à un équivalent chromifère de la goethite $CrO(OH)$. Des investigations pour élucider la question sont en cours.

4°) - Dans l'échantillon CR 3, de couleur brun violacé, la montmorillonite est associée à la chromite (2,06 ; 2,48 ; 2,915 et 4,74 Å).

Sur la figure 3 est représenté le diffractogramme du produit commercialisé sous le nom de "sable de chromite" par la FERBASA. Ce matériel est obtenu par élimination de l'hématite, de la goethite et des minéraux argileux.

C) LES ALTERATIONS EN TALC :

La couleur des altérations en talc varie généralement du brun au vert. Elles sont plus rares que les altérations en chlorite et montmorillonite. Différents échantillons ont été étudiés par diffraction de rayons X.

L'examen des diffractogrammes de l'échantillon CR 1 (Fig. 3) nous mon-

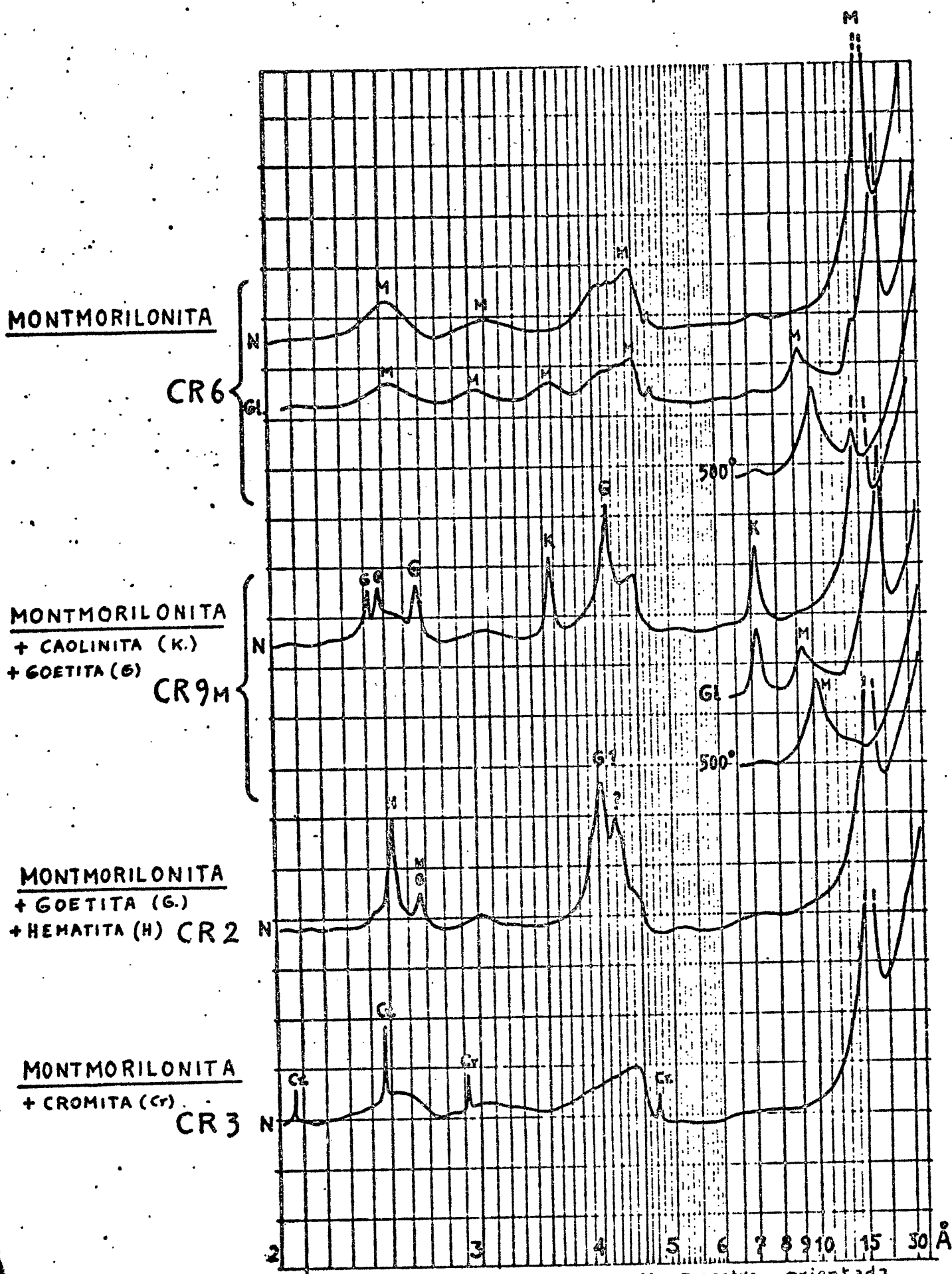


Fig 2. - Difractogramas de raios-X. N: amostra orientada
500°: amostra aquecida GL.: amostra orientada glicerolada

tre du talc parfaitement caractérisé par ses réflexions à 9,3 ; 4,66 et 3,10^oÅ ; associé à une quantité assez importante de montmorillonite et à de la goéthite (4,18 ; 2,67 ; 2,495 et 2,435^oÅ).

L'échantillon contient près de 14 % de chrome (exprimé en Cr₂O₃) et pas de chromite ; ceci nous permet de penser que la plus grande partie de ce chrome se trouve dans la structure du talc et de la montmorillonite.

D) LES ALTERATIONS EN "KAOLINITE" :

Localement et rarement on observe dans les zones supérieures de la roche altérée isovolume, des masses blanches de 2 à 5cm, à contours géométriques, qui correspondent à des feldspaths entièrement altérés.

Les diffractogrammes de rayons X de cette matière blanche (Fig.3, CR 9B) nous montrent, associé à une quantité non négligeable de montmorillonite, un minéral de la famille de la kaolinite, très bien cristallisé.

Le triplet de réflexions 2,29 ; 2,335 et 2,371^oÅ, le doublet 2,49 et 2,56^oÅ, et l'intensité relative des raies du triplet ne correspondent à aucun des minéraux connus de la famille de la kaolinite. Des déterminations sont en cours afin de voir si ce minéral n'est pas une kaolinite chromifère.

III) - INTERPRETATIONS ET CONCLUSION :

Trois points peuvent être dégagés de cette étude.

1^o) Aucun des quatorze échantillons d'altération isovolume étudiés aux rayons X, prélevés pourtant dans l'ensemble de l'exploitation, ne montre avec certitude du chrysotile. Ceci est d'autant plus surprenant qu'on sait que le chrysotile est très peu altérable et que dans les sols il se conserve généralement intact jusque dans les horizons A.

2^o) La montmorillonite, chromifère, alumineuse et magnésienne, d'altération météorique est le minéral dominant dans toute la partie de l'exploitation où la roche est altérée. Elle est présente dans tous les échantillons analysés. La montmorillonite se forme ici en accord avec la forte saturation en bases des eaux météoriques provenant des hauteurs voisines ; on sait que la saturation en bases est un facteur essentiel dans la néoformation de la montmorillonite (GASTUCHE ET HERBILLON, 1962 ; SEGALIN, 1965 ; PEDRO et LUBIN, 1968 ; PAQUET H. 1969 ; MILLOT, 1964 ; SIEFFERMANN, 1969 ; TARDY, 1969).

Le minéral argileux, vert émeraude, vif, décrit à Campo-Formoso par divers auteurs sous le nom de garnierite n'est probablement qu'une montmorillonite chromifère avec une forte teneur en chrome dans le réseau, et pratiquement sans nickel. Nous n'avons pas trouvé de garnièrite •

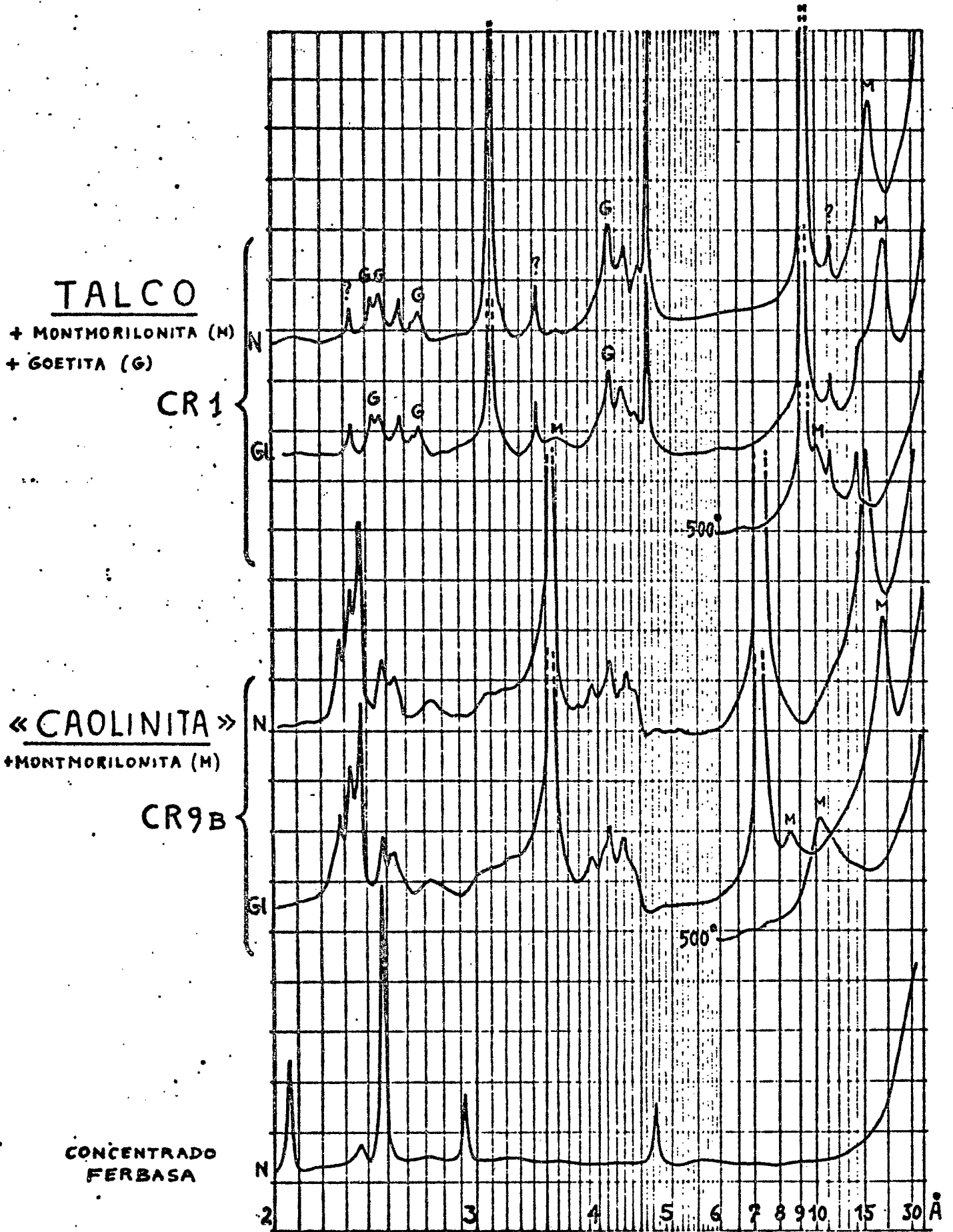


Fig 3. - Difractogramas de raios -X . N : argila orientada
500° : argila aquecida - Gl : argila orientada glicerolada

3°) Les échantillons de roche peu altérés, d'une densité voisine de 3, que les mineurs appellent "chromite métallurgique" nous montrent des teneurs en chrome de 23 à 48 % (exprimées en Cr_2O_3). Les échantillons d'altération, à structure conservée, de densité voisine de 1,4, qui s'élaborent à partir de ces mêmes roches, nous montrent des teneurs en chrome (exprimées en Cr_2O_3) de 10 à 30 %. Ces chiffres nous permettent de calculer que le départ de chrome, sous forme soluble, au cours de l'altération météorique est toujours supérieur à 40 % du chrome initial.

Cette valeur est en accord avec celles avancées par TARDY (1969) qui situe les départs de chrome dans divers types d'altération de milieu tropicaux et tempérés entre 37 et 60 % .

B I B L I O G R A P H I E

27 Références bibliographiques citées dans le texte.

- (1) BEURLIN, K. (1964) Introdução à Estratigrafia Comparada, Recife, Expansão Grafica p. 107 - 111.
- (2) BRANNER, J.C. (1910) Amer. J. Sci., New Haven, Ser. 4, 30 (180)(178) p. 385 - 392
- (3) BROWN, G. (1961) The X-ray identification, 543 p.
- (4) GASTUCHE, M.C. et HERBILLON, A. (1962) Bull. Soc. Chim. Fr. 7, 1404-1412.
- (5) GRIFFON J.C. (1964) Relatório para à SUDENE.
- (6) GRIFFON J.C. (1965) 1º Simposio de Geologia do Nordeste, MACEIO.
- (7) GRIFFON J.C. (1966) XXª Congresso Brasileiro de Geologia, Vitoria, E.S.
- (8) GUIMARAES, A.P. (1956) Minérios de Cromo, Salvador, Inst. Techno. da Bahia, 17 - 34.
- (9) JOHNSTON, J.R., W.D. et SOUZA, H. (1943) Econ. Geol., Lancaster, Pa. 38, (4) p. 287 - 297.
- (10) KEGEL, W. (1963) B. Div. Géol. Miner ; Dep. Nac. Prod. Min., Rio de Janeiro, p. 207 - 217
- (11) KERSTEN, C. (1839) "Wolkhonskoit" Ann. Physik Chemie 47, 489 - 493.
- (12) LAPHAM, D.M. (1958) "chromium chlorites" Amer. Min. 43, 921 - 956.
- (13) MASCARENHAS, J.F. (1969) B. Soc. Bras. Géol., Sao-Paulo, 18, (1), 7 - 22.
- (14) Mc CONNELL, D. (1954) "VOLKHONSKOITE" Clays and Clay Minerals, 152 - 157
- (15) MELLO JF, J.L. (1937) Min. Metal., Rio de Janeiro, 2, (8), 108 - 110.
- (16) MILLOT, G. (1964) MASSON ET Cº, Paris 499 p. "Geologie des Argiles".
- (17) MORAES-REGO, L.F. (1931) B. Serv. Geol. Miner. Brasil, Rio de Janeiro, 56, 1-17.
- (18) OLIVEIRA, A.I. (1936) Min. Metal., Rio de Janeiro, 1, (3), 93 - 96.
- (19) PAIVA, G. (1942) B. Div. Fom. Prod. Min. ; Dep. Nac. Prod. Min., Rio de Janeiro 54, 9 - 23.

- (20) PAQUET, H. (1969) Thèse Doct. ès Sci. Strasbourg, Mem. Serv. Carte Geol. Als-Lorr. 250 p.
- (21) PEDRO, G. et LUBIN, J.C. (1968) C.R. Acad. Sci. Paris. F1, 266, 551 - 554.
- (22) POESCHE, A. (1965) B. Av. Div. Geol. Min. ; Dep. Nac. Prod. Min., Rio de Janeiro 40, 76 - 77.
- (23) POESCHE, A. (1966) Eng. Min. Métal., Rio de Janeiro, 44, (262), 173 - 178.
- (24) SEGALIN, P. (1965) Cah. ORSTOM, Pedol., 3, 3, 179 - 205.
- (25) SIEFFERMANN, G. (1969) Thèse Doct. ès Sci. Strasbourg, Mem. ORSTOM, Paris 179p.
- (26) SOUZA, H.C.A. (1942) B. Div. Fom. Prod. Min. ; Dep. Nac. Prod. Min. Rio de Janeiro 54, 37 - 95 et 100 - 110.
- (27) TARDY, Y. (1969) Thèse Doct. ès Sci. Strasbourg, Mem. Serv. Carte Geol. Als-Lorr. 190 p.